

# **Eficiencia dinámica en el servicio público de recogida de y tratamiento de residuos en la Administración local española**

## **Autores**

Gemma Pérez-López

Diego Prior

José Luis Zafra-Gómez

Ana M<sup>a</sup> Plata-Díaz

[jlzafra@ugr.es](mailto:jlzafra@ugr.es)

(VERSIÓN PRELIMINAR, POR FAVOR, NO CITAR)

## **Abstract**

El análisis de la eficiencia en costes del servicio público de recogida y tratamiento de residuos se ha centrado tradicionalmente en la distinción entre gestión pública o privada. Sin embargo, estudios recientes han puesto de manifiesto la importancia y proliferación de las fórmulas de gestión conjunta –tanto públicas como privadas–, especialmente en los municipios de menor tamaño. En el presente trabajo se analiza la eficiencia en costes que estas formas de gestión presentan combinando la aplicación del análisis de metafrontera con la aplicación de fronteras dinámicas de orden- $m$ . En este sentido, los resultados sugieren que la eficiencia en costes del servicio de residuos depende de la forma de gestión aplicada y del tamaño poblacional. En concreto obtenemos que las fórmulas de gestión conjunta son más adecuadas en los municipios de menor tamaño, mientras que en los municipios con mayor número de habitantes resulta más aconsejable la externalización del servicio de recogida de residuos.

**Palabras clave:** formas de gestión, eficiencia municipal, datos de panel, orden- $m$

## **Introducción**

El estudio de la relación entre eficiencia y formas de gestión de los servicios públicos locales resulta fundamental para el gestor público, pues el control y gestión de estos servicios ha cobrado especial importancia dentro de las agendas públicas locales (Geys y Moesen, 2009). En este sentido, encontramos en la literatura numerosos trabajos que analizan la eficiencia de los servicios públicos locales, distinguiéndose aquellos que estudian la eficiencia conjunta de los servicios públicos de los que, por el contrario, analizan la eficiencia de un servicio concreto (De Borger y Kerstens, 2000). Así, dentro de los trabajos orientados hacia la eficiencia específica de un servicio público, el servicio de recogida y tratamiento de residuos es uno de los más estudiados en la literatura, debido a la complejidad de su prestación y al coste que representa, así

como la creciente preocupación medioambiental (Bel et al., 2010; Benito-López et al. 2011; Simões y Marques, 2012; De Jaeger y Rogge, 2013; Jacobsen et al. 2013; Zafra-Gómez et al., 2013).

En concreto, la literatura más reciente que desarrolla el servicio de gestión de residuos está siendo enfocada hacia la determinación de qué forma de prestación del servicio es capaz de obtener mayores niveles de eficiencia y ahorro en costes (Bel y Mur, 2009; Bel y Fageda, 2010; Simões et al., 2012; Dijkgraaf y Gradus, 2013; Zafra-Gómez et al., 2013; Bel et al., 2014). La cuestión sobre la prestación pública o privada de este servicio, y su impacto sobre la eficiencia, ha sido ampliamente tratada en la literatura (Simões y Marques, 2012), aunque es necesario seguir profundizando en el estudio del mismo y el impacto que otras modalidades de prestación del servicio de gestión de residuos pueden tener sobre la eficiencia, de forma que se pueda aumentar la evidencia empírica sobre si la prestación pública de los servicios públicos lleva a mejores niveles de eficiencia en costes que la contratación externa, o viceversa. En este sentido, en la literatura se comienza a estudiar el efecto de las formas de gestión conjunta (Rodrigues et al., 2012; Hefetz y Warner, 2012; Bel et al., 2014) como mecanismo de ahorro en costes (Bel y Fageda, 2006, 2008; Mohr et al., 2010), especialmente en los municipios de menor tamaño. Por tanto, parece claro que llevar a cabo investigaciones que identifiquen únicamente si la gestión del servicio es pública o privada, puede resultar poco concreta, resultando necesario delimitar las diferentes alternativas de gestión del servicio de residuos. Dentro del amplio abanico de posibles formas de prestación, la provisión pública directa, la gestión privada, la cooperación intermunicipal y la cooperación intermunicipal externalizada son las alternativas comúnmente utilizadas en la gestión del servicio de recogida y tratamiento de basura (Plata-Díaz et al., 2014).

El presente trabajo quiere contribuir a la literatura sobre el análisis de la eficiencia del servicio público de residuos analizando las diferencias en la eficiencia en costes para las diferentes formas de gestión de este servicio en los ayuntamientos españoles, tratando de identificar qué forma de gestión se ajusta mejor a la prestación del servicio de residuos. Para ello, aplicamos por primera vez el concepto de *metafrontera* a través de fronteras dinámicas de orden *m*.

Tradicionalmente, el estudio de la eficiencia de los servicios públicos locales se ha llevado a cabo a través de la aplicación de los métodos no paramétricos tales como el *Data Envelopment Analysis* (DEA), donde se establece como hipótesis de partida que todos los municipios operan bajo las mismas circunstancias operativas. Sin embargo, los municipios que operan bajo una determinada tecnología no son comparables con aquellos otros que operan bajo diferentes sistemas. En este sentido, estudios como los de Balaguer-Coll et al. (2012) y Simões et al. (2012) evidencian diferencias en los niveles de eficiencia obtenidos cuando los municipios son agrupados bajo distintas categorías. En concreto, Rogge y De Jaeger (2013) ponen de manifiesto la existencia de diferencias en el servicio de recogida de residuos. Por este motivo, entendemos que existen diferencias intrínsecas a cada forma de gestión que dificultan la comparación de los niveles de eficiencia municipal para el servicio de residuos.

Dadas las características del presente estudio, resulta fundamental que éste sea abordado a través de una metodología que permita comparar los diferentes procesos tecnológicos que aporta cada forma de gestión y su impacto con la eficiencia, teniendo en cuenta todas las unidades consideradas. En este sentido, aplicamos el concepto de *metafrontera* desarrollado por Battese y Rao (2001) y Battese et al. (2004) debido a que la eficiencia de las DMUs (en nuestro caso, municipios) que operan bajo una determinada tecnología (formas de gestión del servicio) no son comparables con aquellas otras unidades que operan bajo un régimen operativo diferente. De esta forma estimamos una frontera de producción para cada una de las formas de gestión así como una frontera conjunta con todas las unidades de producción, lo que nos permite comparar DMUs con distintas tecnologías.

Asimismo, para la obtención de la eficiencia en costes del servicio municipal de basura de cada uno de los municipios de la muestra, proponemos el uso de fronteras parciales no paramétricas a través de la aplicación de fronteras en orden- $m$  (Cazals et al., 2002; Daouia y Simar, 2007). En este sentido, el uso del *Data Envelopment Analysis* (DEA) ha sido criticado por diversos autores por el hecho de ser una metodología determinista (Daouia y Simar, 2007; De Witte y Marques, 2010), que puede llegar a condicionar los resultados obtenidos y su vinculación con la aceptación de diferentes teorías que se pretendan contrastar a través de esta metodología. Como alternativa, se proponen las fronteras parciales no paramétricas dada la robustez de estos modelos ante la presencia de *outliers* y unidades extremas y su independencia a los problemas de dimensionalidad (Balaguer-Coll et al., 2012).

Para dar respuesta al objetivo planteado, contamos con una amplia base de datos, compuesta por 621 municipios españoles con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes, para el período 2002-2010. Dada la estructura de datos de panel que ofrecen nuestros datos, aplicamos fronteras dinámicas en orden- $m$  siguiendo la metodología propuesta por Surroca et al. (2015).

Los resultados sugieren que la cooperación intermunicipal obtiene mayores niveles de ahorro en costes en el servicio de recogida y tratamiento de basura. No obstante, los resultados evidencian que existen diferencias en la eficiencia en costes entre las distintas formas de gestión según el tamaño poblacional del municipio, de manera que los municipios con mayor número de habitantes resulta más adecuada la gestión externalizada.

El presente trabajo se organiza como sigue. En el segundo apartado se realiza una revisión teórica de la eficiencia en costes del servicio de recogida y tratamiento de residuos. En el tercer apartado presentamos el concepto de metafrontera y la metodología aplicada. En el cuarto apartado presentamos los datos utilizados en el análisis y los resultados obtenidos. Y, finalmente, en el quinto apartado incluimos las principales conclusiones.

### **Servicio de recogida y tratamiento de residuos: eficiencia en costes y formas de gestión**

El servicio de recogida y tratamiento de basura es un servicio público de suma importancia para los gobiernos locales debido en parte al alto coste y la complejidad de su prestación (Huang et al., 2011). En este sentido, el servicio de gestión de residuos ha sido objeto de reformas organizativas con el principal objetivo de minimizar su coste (Abrate et al., 2012).

El debate sobre la gestión pública o privada, y su relación con el coste del servicio, ha sido ampliamente tratado en numerosos estudios (Hirsch, 1965; Stevens, 1978; Dubin y Navarro, 1988; Dijkgraaf y Gradus, 2003; Ohlsson, 2003; Bel y Mur, 2009; Bel y Fageda, 2010; Simões et al., 2012; Dijkgraaf y Gradus, 2013; Jacobsen et al., 2013; Zafra-Gómez et al., 2013; Bel et al., 2014). En la actualidad, ha tomado una especial relevancia debido a la necesidad de conocer qué forma de provisión de los servicios locales es más eficiente (Bel et al., 2014) al existir un conjunto de diversas formas de producción bajo las cuales suele prestarse (Jacobsen et al., 2013). En concreto, el debate sobre las formas de gestión del servicio de residuos se ha centrado mayoritariamente en la dicotomía entre provisión pública y privada (Bel y Fageda, 2007; Bel y Warner, 2008; Simões et al., 2012). No obstante, la literatura más reciente añade otra cuestión: la gestión conjunta del servicio (Warner y Hebdon, 2001; Warner y Hefetz, 2002; Dijkgraaf y Gradus, 2003; Carr et al., 2008; Bel y Mur, 2009; Bel y Fageda, 2010; Dijkgraaf y Gradus, 2013; Zafra-Gómez et al., 2013).

Entre las teorías que fundamentan el uso de las diferentes formas de gestión destacan la teoría de la elección pública, los costes de transacción, la teoría de los contratos incompletos o el aprovechamiento de economías de escala (Bel y Fageda, 2006, 2008; Simões et al., 2012; Zafra-Gómez et al., 2013). Así, la teoría de la elección pública sostiene que la ineficiencia de los servicios públicos viene dada básicamente por la monopolización de los servicios públicos (Savas, 1987) y porque los gestores públicos son decisores racionales que tratan de maximizar sus intereses personales (Niskanen, 1971). Las ventajas que la externalización de los servicios públicos trae en este contexto son fundamentalmente la introducción de competencia en la provisión de servicios (Warner, 2012) así como el ahorro en costes, favorecido por el hecho de que el sector privado puede prestar el servicio a unos costes de producción menores que el sector público (Bel y Fageda, 2006; Wassenaar et al., 2010). A ello se añade la posibilidad que tiene el operador privado de prestar el mismo servicio en diferentes municipios, lo que favorece el reparto de los costes fijos entre los distintos puntos donde opera -economías de escala- y la reducción del coste del servicio en caso de que sea externalizado (Donahue, 1989). En este contexto, se propone el uso de la externalización como forma de reducir el nivel de coste de los servicios locales y conseguir mejores niveles de eficiencia (Bel y Fageda, 2008).

Sin embargo, la evidencia empírica señala que la externalización del servicio de residuos no logra obtener mejores niveles de eficiencia que la producción pública (Bel y Warner, 2008 a, b) obteniéndose resultados dispares en este sentido. Así, en los primeros estudios preocupados por esta cuestión no se encuentran diferencias significativas entre la producción pública y privada (Hirsch, 1965), salvo cuando la dicotomía entre público y privado se acompañaba, además, de la consideración o no de competencia en el servicio, siendo más cara entonces la

prestación privada (Stevens, 1978; Dubin y Navarro, 1988). Trabajos más recientes, como los realizados por Dijkgraaff y Gradus (2003), Bel y Costas (2006), Bel y Mur (2009) y Bel y Fageda (2010) tampoco obtienen diferencias en costes del servicio de basura respecto a la producción pública o privada. Por su parte, los resultados de Ohlsson (2003) y Zafra-Gómez et al. (2013) sugieren que la producción privada del servicio no logra menores costes que la gestión pública. Contrariamente, los resultados obtenidos por Simões et al. (2012) reflejan que la gestión privada del servicio es más eficiente que la gestión pública directa.

Esta disparidad en los resultados es debida, por un lado, a que en la prestación de los servicios públicos sigue existiendo una falta de competencia (Girth et al., 2012; Hefetz y Warner, 2012; Warner, 2012). Autores como Littlechild (1988) y Rees (1998) sostienen que la falta de éxito de la externalización se debe fundamentalmente a la estructura del mercado en que se opera. En este sentido, la prestación del servicio de basura sigue siendo un bien público, cuya titularidad y responsabilidad recae sobre la administración, y cuya gestión puede ser contratada externamente, por lo que la competencia en el sector es escasa, debido prácticamente al monopolio sobre las infraestructuras del servicio de basura (Warner y Bel, 2008; Girth et al., 2012).

Por otro lado, los diferentes resultados que arrojan estos estudios se fundamentan igualmente en la teoría de los contratos incompletos y por la presencia de costes de transacción que afectan a la propia negociación de los contratos (Bel y Fageda, 2006). La contratación externa del servicio de residuos requiere una adecuada regulación y estructura del mercado (Bel y Warner, 2008). El ahorro en costes de la externalización del servicio de residuos se puede ver compensado por los costes de transacción que surgen como consecuencia de la complejidad que presenta la provisión de bienes y servicios públicos y la consideración de ciertos costes durante la negociación de los contratos debido a la presencia de costes de diseño y seguimiento de los contratos (Brown et al., 2007, 2010; Rodrigues et al., 2012; Bel et al., 2014). Por tanto, la mejora de la eficiencia por parte de la introducción del operador privado puede verse compensada por los mayores costes que implica su contratación (Carr et al., 2008).

No obstante, para los municipios de menor tamaño la elección entre prestación pública o externalización no es relevante respecto al coste del servicio de residuos (Bel et al., 2014) ya que la externalización puede no ser adecuada para que los municipios de menor tamaño acaben obteniendo economías de escala (Warner y Hebdon, 2001; Bel y Fageda, 2006) dado que al operador privado le resulta difícil poder obtenerlas por sí solo (Kodryzski, 1994; Warner y Hefetz, 2003). Esto es así, debido a que los pequeños y medianos municipios no logran alcanzar el tamaño adecuado para conseguir prestar el servicio a menores costes (Bel y Fageda, 2006; Bel y Fageda, 2008; Mohr et al., 2010; Zafra-Gómez et al., 2013), ni tienen el poder de atracción suficiente para realizar contratos con operadores privados para la externalización del servicio (Kodryzski, 1994; Warner y Hefetz, 2003), por lo que estos municipios tienen menores posibilidades de externalizar el servicio (Bel et al., 2014). Asimismo, la contratación externa requiere una estricta formulación de contratos así como una gran capacidad de control, ausentes

en el caso de los pequeños y medianos municipios (Mohr et al., 2010). En este sentido, la cooperación intermunicipal o gestión conjunta se considera como una alternativa de la externalización (Kodryzski, 1994; Warner y Hebdon, 2001; Warner y Hefetz, 2003; Bel y Fageda, 2006, 2008; Mohr et al., 2010). Por este motivo, determinados municipios – normalmente vecinos– deciden operar bajo la forma de la cooperación intermunicipal, organizando la prestación del servicio de manera conjunta con la intención de explotar las economías de escala latentes, lo que supone el reparto de los costes de prestación del servicio entre diferentes entidades locales (Warner y Hefetz, 2003; Dijkgraaf et al., 2003; Warner, 2006; Zullo, 2009).

Asimismo, uno de los inconvenientes planteados acerca de lo escasamente atractivo que puede resultar para los operadores privados prestar el servicio de residuos de ayuntamientos de pequeño tamaño, puede ser superado si los ayuntamientos que han creado la cooperación intermunicipal deciden externalizar conjuntamente el servicio, lo que se conoce como *private public cooperation* (Zafra-Gómez et al., 2013; Bel et al., 2014; Plata-Díaz et al., 2014). Así, la configuración del servicio de residuos a través de esta fórmula se beneficiaría, por un lado, de la reducción del gasto que supone para cada uno de los municipios involucrados así como de las ventajas que supone la gestión de un operador privado, lo que conllevaría a un ahorro en costes y mejora de la eficiencia mayor que en otras fórmulas.

Combinándose así, se puede obtener un conjunto de cuatro alternativas de prestación del servicio, mejorando los trabajos estudiados hasta la fecha que identificaban normalmente gestión pública o privada. En concreto, en el presente estudio distinguimos como formas de provisión del servicio de recogida de residuos, la provisión pública directa, la provisión externalizada, la cooperación municipal pública y la cooperación a través de gestión privada.

Con todo lo anterior, es posible plantear un escenario en el que, a partir de una muestra amplia de ayuntamientos, poder refutar o no un conjunto de hipótesis relacionadas con los supuestos teóricos revisados anteriormente. Concretamente, planteamos dos grandes hipótesis: la primera, relativa a las diferencias entre la privatización y la gestión pública y, la segunda, en función de las diferencias entre las formas de gestión conjunta e individual y del tamaño del municipio. Así pues, las hipótesis que planteamos quedan redactadas de la siguiente forma:

*H1: La gestión externalizada proporcionará mayores niveles de eficiencia que las fórmulas de gestión pública.*

*H2a: En los municipios de menor tamaño, las fórmulas de gestión conjunta proporcionarán mayores niveles de eficiencia que la gestión externalizada.*

*H2b: En los municipios de menor tamaño, la cooperación intermunicipal externalizada ofrecerá mayores niveles de eficiencia que la cooperación intermunicipal pública.*

*H2c: En los municipios de mayor tamaño, la gestión externalizada proporcionará los mayores niveles de eficiencia.*

Por tanto, con el presente trabajo se pretende contribuir al análisis de la eficiencia en costes de las diferentes alternativas de gestión del servicio de recogida de residuos, poniendo de manifiesto, por un lado, las diferencias existentes entre las distintas alternativas y, por otro, señalando qué forma de gestión obtiene mejores niveles de eficiencia, distinguiéndose a su vez qué forma resulta más conveniente según el número de habitantes que tenga el municipio.

### **Formas de gestión del servicio de residuos y eficiencia: el uso de la metafrontera y el análisis de panel de datos en fronteras no paramétricas**

En concreto, para dar respuesta a las hipótesis planteadas, optamos por aplicar el concepto de metafrontera o separación de fronteras desarrollado por Battese y Rao (2002) y Battese et al. (2004) que permite la comparación de unidades de producción o DMUs (*decision making units*) que operan bajo diferentes formas de prestación de servicios.

La figura 1 representa un ejemplo de la aplicación del concepto de metafrontera para el caso específico de la minimización del coste total para un único output. Podemos apreciar que, al aplicar el concepto de metafrontera, se obtienen distintas fronteras de eficiencia para cada una de las agrupaciones consideradas (fronteras locales,  $CE^k$ ). Así, los valores de la eficiencia en costes son estimados para cada municipio perteneciente a cada forma de gestión (DIR, EXT, CI, CIpriv), por lo que las unidades de producción que operan bajo unas mismas características operativas son comparadas entre sí.

Adicionalmente, se obtiene una frontera homogénea (metafrontera, CE) para todas las unidades que operan bajo diferentes tecnologías. Por lo que la metafrontera puede considerarse como un paraguas que incluye las diferentes fronteras de cada tecnología (Rao et al., 2003) y que sirve como punto de referencia para obtener el *technology gap ratio* ( $TGR^k$ ) (Battese y Rao, 2002; Battese et al., 2004; O'Donnell et al., 2008) que representa el menor coste posible para cada unidad de producción dado un determinado nivel de output<sup>1</sup>.

$$TGR^k = \frac{CE}{CE^k}$$

Por tanto, del análisis del *technology gap ratio* sería posible determinar qué forma de gestión se encuentra más cercana a la metafrontera.

Asimismo, según se desprende del gráfico, las unidades pertenecientes a una determinada tecnología pueden estar más o menos alejadas de su frontera local ( $CE^k$ ), determinando la mejora en la eficiencia que las unidades pueden conseguir con motivo de su propia gestión. De esta

---

<sup>1</sup> Para un determinado nivel de output, TGR se define como el menor coste posible de la metafrontera dividido por el menor coste total de la frontera local.





cooperación intermunicipal externalizada (CIext). Siendo el máximo nivel de eficiencia en costes al que podría optar ese municipio determinado por la frontera local de la cooperación intermunicipal (distancia desde U a CI). Sin embargo, si operase bajo la forma de gestión alternativa -en este caso cooperación intermunicipal externalizada-, podría optar a la eficiencia determinada por la frontera de esta tecnología (CIext) y beneficiarse de una mejora sustancial en la eficiencia.

Además, para el cálculo de los valores de la eficiencia en costes proponemos el uso de fronteras parciales no paramétricas (*robust partial frontier*) a través de la aplicación de fronteras en orden- $m$  (Cazals et al., 2002; Daouia y Simar, 2007) aplicando una metodología de datos de panel propuesta por Surroca et al. (2015).

Una de las principales ventajas de la evaluación frontera, frente a los estudios previos que realizan una estimación del coste total del servicio de recogida y tratamiento de basura, es que no depende de una función de producción apriorística para determinar los outputs en función de unos inputs (Simões et al., 2012; Rogge y De Jaeger, 2013). En concreto, existen diferentes técnicas de cálculo de fronteras no paramétricas.

En la estimación de los modelos de metafrontera ha sido tradicionalmente aplicado DEA. No obstante, el uso de esta técnica no ofrece resultados satisfactorios debido a su naturaleza determinística (De Witte y Marques, 2010) y los problemas de dimensionalidad que afecta a los resultados obtenidos por DEA (Balaguer-Coll et al., 2012; Simões et al., 2012). Específicamente, al incluir todas las posibles combinaciones de inputs y outputs, las estimaciones que ofrece el método DEA son extremadamente sensibles a la presencia de *outliers* (Daouia y Simar, 2007). Asimismo, esta metodología asume la ausencia de errores estadísticos (De Witte y Marques, 2010; Rogge y De Jaeger, 2013). Como alternativa para solventar estas limitaciones, las fronteras parciales no paramétricas permiten considerar observaciones más allá de la frontera de eficiencia estimada, lo que la hace una técnica adecuada para controlar la posible presencia de *outliers* (Simar y Wilson, 2008). En concreto, la frontera en orden- $m$  calcula los valores de eficiencia de una DMU comparándola con una sub-muestra de  $m$  pares, a diferencia del DEA que compara una DMU con la mejor unidad de la muestra al completo.

Asimismo, las fronteras en orden- $m$  pueden calcularse con orientación al *input*, *output*, coste o ingreso<sup>2</sup>. Dada la naturaleza de nuestras unidades objeto de estudio, en este caso optamos por la orientación al coste, ya que resulta más adecuado evaluar la eficiencia de los municipios en términos de minimización del coste debido fundamentalmente a que los *outputs* son determinados principalmente de manera externa al municipio y a la difícil determinación del precio de los inputs y de los outputs en la administración local (Cherchye et al., 2014).

Como avance metodológico, proponemos la estimación dinámica de la eficiencia a través de la consideración de datos de panel en las fronteras en orden- $m$ . En los estudios no

---

<sup>2</sup> El Anexo 1 recoge el algoritmo utilizado para calcular las fronteras en orden- $m$ .

paramétricos la consideración de las series temporales puede hacerse a través de las fronteras intertemporales y el análisis *window* o ventana (Charnes et al., 1984; Tulkens y Vanden Eeckaut, 1995). Tanto las fronteras intertemporales como el análisis *window* construyen una frontera de producción con las DMUs durante un determinado período de tiempo, que en el caso de las fronteras intertemporales coincide con el período de estudio mientras que en análisis *window* se construyen diferentes fronteras tomando como referencia distintos períodos dentro del período de estudio. No obstante, ambas metodologías obtienen un coeficiente de eficiencia considerando cada unidad como una observación independiente, sin tener en cuenta la estructura de datos de panel (Cullinane y Wang, 2010; Surroca et al., 2015). La metodología propuesta por Surroca et al. (2015) permite estimar un único coeficiente de eficiencia para cada DMU para el período completo de análisis considerando la evolución de cada unidad a lo largo del tiempo. Para ello construimos una única frontera de producción con el período de análisis completo junto con la media de los años para cada una de las observaciones, de manera que además de obtener un valor de eficiencia para cada año, obtenemos un coeficiente dinámico que mide la eficiencia de todo el período para cada uno de los municipios de la muestra.

Para finalizar, y con el fin de completar los cálculos realizados y profundizar en el estudio de los diferentes niveles de eficiencia por cada forma de gestión, aplicamos diferentes pruebas estadísticas. En primer lugar, aplicamos la prueba de Kruskal-Wallis para asegurarnos de que existen diferencias en la eficiencia estimada de los distintos grupos creados (coincidentes con cada una de las fronteras locales que representan distintas formas de gestión). El test Kruskal-Wallis es un método no paramétrico que no requiere suponer la existencia de una distribución normal de las variables analizadas y que sirve para comparar si dos o más muestras son independientes (no relacionadas). Sin embargo, esta prueba no identifica cuáles son esas diferencias entre las muestras. Por dicho motivo, aplicamos en segundo lugar la prueba U de Mann-Whitney, que es una prueba no paramétrica que contrasta la independencia de dos muestras, cuya hipótesis nula es si la diferencia entre dos muestras es igual a cero. Por último, comparamos las distribuciones de los distintos grupos a través del test de Li (Li, 1996), que mide la distancia entre dos funciones de densidad a través de la media integrada del error al cuadrado de las funciones (Balaguer-Coll et al., 2010; Zafra-Gómez y Muñoz, 2010).

## **Midiendo la eficiencia de las formas de gestión del servicio de basura para el caso español**

### **a. Datos**

En España, la recogida y tratamiento de los residuos es un servicio público local de obligada prestación para todos los municipios<sup>3</sup>, los cuales pueden establecer la forma de gestión de dicho servicio que crean más conveniente. De entre las diferentes formas de gestión aplicables al caso español, este estudio se centra en la gestión pública, la externalización y las fórmulas cooperativas, al ser las más comunes en el servicio de recogida de residuos (Warner y Bel,

---

<sup>3</sup> Obligación establecida en el artículo 26 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local.

2008). En concreto, las fórmulas de cooperación intermunicipal son más frecuentes entre los pequeños municipios, mientras que la externalización del servicio a través del sistema de concesión es más frecuente en los municipios de mayor tamaño, donde además cabe resaltar que existe una alta concentración del mercado (Bel et al., 2010).

Para alcanzar el objetivo planteado, contamos con una amplia base de datos para el período 2002-2010, compuesta por 621<sup>4</sup> ayuntamientos españoles con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes<sup>5</sup>, que representa el 37,32% del total de los municipios españoles con esa población<sup>6</sup>.

Las Tablas 1 y 2 recogen la descripción y fuente de las variables incluidas en el cálculo de la eficiencia en costes para el servicio municipal de recogida de residuos y sus estadísticos descriptivos, respectivamente.

**Tabla 1. Servicio de residuos: coste y outputs**

Variable	Concepto	Fuente
Coste Total	Gasto presupuestario municipal obtenido de la clasificación funcional del presupuesto de cada uno de los municipios incluidos en la muestra: categoría 422. <i>Recogida de residuos y limpieza viaria</i> que ha sido previamente utilizada en diversos estudios (Benito-López et al., 2011; Zafra-Gómez et al., 2013). Debido a la nueva clasificación impuesta por la orden EHA / 3565/2008, de 3 de diciembre, usamos la categoría equivalente obtenida de las categorías 162 – <i>Recogida, eliminación y tratamiento de residuos</i> y 163 – <i>Limpieza viaria</i> .	Oficina Virtual para la Coordinación Financiera con las Entidades Locales
Toneladas de residuos	Producción anual de residuos expresada en toneladas/año	
Toneladas de residuos * calidad	Producción anual de residuos expresada en toneladas/año corregida por el índice de calidad del servicio, que mide la adecuación o no del servicio.	Encuesta de Equipamiento e Infraestructura local (EIEL), página web del Ministerio de Administración Pública
Contenedores	Número de contenedores que figuran en las vías públicas de los municipios, para cada tipo de recogida de residuos urbanos.	

*Fuente: Elaboración propia a partir de Oficina Virtual para la Coordinación Financiera con las Entidades Locales y Encuesta de Equipamiento e Infraestructura local (EIEL)*

**Tabla 2. Estadísticos descriptivos del coste y outputs del servicio de residuos**

<sup>4</sup> Con el objetivo de analizar la eficiencia dinámica del servicio de recogida de residuos, los municipios incluidos en la muestra aplican la misma forma de gestión durante el período analizado.

<sup>5</sup> El dato de la población ha sido tomado del Anuario Estadístico de La Caixa.

<sup>6</sup> En este sentido, tenemos que señalar que la restricción a los municipios con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes obedece a la falta de disponibilidad de datos para los municipios con una población inferior a 1.000 habitantes así como de datos relativos a la gestión del servicio de residuos (outputs) para los municipios con una población superior a 50.000 habitantes.

<b>Coste/Outputs</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desv.Est.</b>
Coste Total	762265,9	414751,3	9361,705	1,44E+07	1025421
Toneladas de residuos	49825,37	4515,3	202,5	2,09E+07	843157,9
Toneladas de residuos * calidad	99016,87	8814,216	405	4,18E+07	1686265
Contenedores	547,0755	373,5555	12,55556	4760,222	561,5901

Asimismo, con el fin de analizar la eficiencia del servicio de residuos según las distintas formas de gestión, se ha procedido a clasificar a los municipios en cuatro categorías según los estudios realizados por Zafra-Gómez et al. (2013), Bel et al. (2014) y Plata-Díaz et al. (2014): provisión pública directa, la provisión externalizada, la cooperación intermunicipal pública y la cooperación intermunicipal externalizada. Para ello hemos consultado la información contenida en la Oficina Virtual para la Coordinación Financiera con las Entidades Locales del Ministerio de Administración Pública, los boletines oficiales de la provincia y las páginas webs de los municipios. La tabla 3 recoge la descripción de cada una de las categorías.

**Tabla 3. Formas de gestión del servicio de residuos**

<b>Categoría</b>	<b>Concepto</b>
Gestión pública directa (DIR)	Gestión del servicio a través del propio municipio o a través de ente público o empresa pública dependiente del municipio
Gestión externalizada (EXT)	Gestión contratada a un ente privado
Cooperación intermunicipal (CI)	Gestión conjunta a través de una entidad pública creada a tal fin (en el caso español, se hace a través de consorcios y mancomunidades) o a través de la cesión de la gestión a una entidad pública supralocal (diputaciones en España)
Cooperación intermunicipal externalizada (Ctext)	Gestión conjunta entre varios municipios contratada externamente a un ente privado

*Fuente: Elaboración propia a partir de Zafra-Gómez et al. (2013), Bel et al. (2014) y Plata-Díaz et al. (2014).*

## **b. Resultados**

En primer lugar, procedemos a aplicar la prueba de Kruskal-Wallis para comprobar si la eficiencia de las distintas categorías de formas de gestión difiere entre sí, siendo la hipótesis nula a contrastar que las  $k$  muestras o grupos pertenecen a la misma población. Por tanto, aplicamos este test a los coeficientes de eficiencia en costes de los municipios incluidos en cada una de las formas de gestión (Tabla 4). Del análisis de los resultados rechazamos la hipótesis nula al nivel de significatividad del 99%, lo que significa que la eficiencia en costes de cada una de las categorías consideradas es diferente entre sí.

**Tabla 4. Prueba de Kruskal-Wallis**

<b>Fronteras locales dinámicas (2002-2010)</b>	
Chi-squared	159.536
Freedom degrees	3
$p$ -value	0,0001

*Resultados obtenidos a través de Stata 13*

A pesar de que la prueba Kruskal-Wallis indica que existen diferencias en la eficiencia de las diferentes formas de gestión, no identifica cuáles son esas diferencias entre las distintas categorías, por lo que en la tabla 5 se presentan los resultados de las pruebas U de Mann-Whitney (o Wilcoxon-Mann-Whitney) y test de Li. En este sentido, los resultados de ambas pruebas son muy consistentes, indicando que existen diferencias entre la eficiencia de las distintas formas de gestión. Por tanto, el ahorro en costes en el servicio de gestión de basura dependerá de la forma de prestación del servicio.

**Tabla 5. Test U de Mann-Whitney y Test de Li**

Hipótesis Nula ( $H_0$ )	Test U de Mann-Whitney			Test de Li		
	10% de significancia	5% de significancia	1% de significancia	10% de significancia	5% de significancia	1% de significancia
$CE^k(DIR)=CE^k(EXT)$	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada
$CE^k(DIR)=CE^k(CI)$	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada
$CE^k(DIR)=CE^k(CIext)$	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(CI)$	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada
$CE^k(EXT)=CE^k(CIext)$	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada
$CE^k(CI)=CE^k(CIext)$	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada	$H_0$ rechazada

$CE^k$ : Frontera local

DIR: Gestión pública directa

EXT: Gestión externalizada

CI: Cooperación intermunicipal

CIext: Cooperación intermunicipal externalizada

Resultados de la prueba U de Mann-Whitney obtenidos a través de Stata 13

Resultados del Test de Li obtenidos a través de "The R Project for Statistical Computing"

A continuación, pasamos a analizar los resultados obtenidos en las estimaciones para cada una de las formas de gestión consideradas en el estudio. La tabla 6 recoge, los principales resultados de las estimaciones de las fronteras en orden- $m$  con datos de panel para cada una de las fronteras locales ( $CE^k$ ), representativas de las diferentes formas de gestión del servicio de residuos así como la metafrontera (CE) y el *techonology gap ratio* ( $TGR^k$ ) para cada una de las formas de gestión consideradas.

**Tabla 6. Eficiencia dinámica en costes de las formas de gestión del servicio de residuos (2002-2010)**

Forma de gestión	Obs,	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Est	
DIR	CE	101	0.040	0.002	0.001	1	0.131
	$CE^k$		0.132	0.056	0.002	1	0.222
	TGR		0.232	0.058	0.002	1.698	0.397
EXT	CE	242	0.040	0.002	0.00005	1	0.157
	$CE^k$		0.081	0.029	0.002	1	0.179

	TGR		0.401	0.132	0.005	1.049	0.461
CI	CE	207	0.036	0.002	0.00007	1	0.129
	CE <sup>k</sup>		0.082	0.001	0.00003	1	0.192
	TGR		1.668	2.124	0.014	2.673	0.859
CIext	CE	71	0.031	0.003	0.0002	1	0.133
	CE <sup>k</sup>		0.278	0.175	0.013	1.003	0.297
	TGR		0.101	0.037	0.001	1	0.195

\*\*\*Independencia de las formas de gestión al 99% de significatividad según la prueba de Kruskal Wallis

CE: Metafrontera      CE<sup>k</sup>: Frontera local      TGR: Technology gap ratio

DIR: Gestión pública directa      EXT: Gestión externalizada      CI: Cooperación intermunicipal

CIext: Cooperación intermunicipal externalizada

Como primera aproximación para determinar qué forma de gestión es la más adecuada en la provisión del servicio de recogida de residuos, analizamos el *technology gap ratio*, que viene medido para cada municipio por el cociente del valor de la eficiencia en la metafrontera entre el valor de la eficiencia en la frontera local. Por lo que para valores cercanos a 1 la distancia entre la frontera de la forma de gestión específica (frontera local) y la metafrontera es mínima, mientras que valores inferiores a la unidad representan una mayor distancia entre dichas fronteras. Por tanto, la forma de gestión más cercana a la metafrontera será aquella que presente por término medio el mayor TGR.

En concreto, encontramos que la menor distancia entre la eficiencia de las fronteras locales (CE<sup>k</sup>) y la eficiencia de la metafrontera (CE) de las distintas formas de gestión analizadas corresponde a la cooperación intermunicipal o cooperación intermunicipal (CI), presentando el mayor *technology gap ratio*. Por el contrario, cuando analizamos qué forma de gestión se encuentra más alejada de la metafrontera, encontramos que por término medio la cooperación intermunicipal externalizada presenta mayor distancia entre su frontera local y la metafrontera.

Por otra parte, atendiendo a la eficiencia media de las fronteras locales de cada forma de gestión (CE<sup>k</sup>) encontramos que, sin embargo, los municipios que implantan formas de cooperación intermunicipal externalizada (CIext) obtienen mayor nivel de eficiencia que el resto de formas de gestión, lo que implica que dentro de cada forma de gestión los valores de eficiencia de cada municipio están más cercanos a su frontera local que en el resto de las formas de gestión. Así pues, el caso contrario lo representa la gestión externalizada (EXT) y la cooperación intermunicipal cuya eficiencia media local está más alejada de su respectiva frontera local.

Como ya habíamos explicado anteriormente, si descomponemos el valor global de la eficiencia en la metafrontera como el producto de la eficiencia local por el *technology gap ratio*, obtenemos la eficiencia derivada de la gestión propia del municipio y la eficiencia derivada de la forma de gestión. Así, los resultados anteriores sugieren que los municipios que aplican cooperación intermunicipal externalizada obtienen una mayor eficiencia en el servicio de residuos derivada de la gestión interna del municipio. Sin embargo, la cooperación intermunicipal favorece la consecución de mejores niveles de eficiencia para dicho servicio.

Así, analizando conjuntamente estos resultados procede rechazar la hipótesis planteada de que la externalización favorece mejores niveles de eficiencia que la gestión pública ( $H_1$ ), ya que los resultados obtenidos sugieren que las fórmulas de cooperación intermunicipal o gestión conjunta resultan más eficientes obteniendo resultados similares a estudios previos. En este sentido, Bel y Costas (2006) obtienen evidencia empírica del ahorro en costes de la cooperación intermunicipal en el servicio de recogida y tratamiento de basura en España y, Dijkgraaf y Gradus (2013), aplicando una metodología de datos de panel a los municipios holandeses durante los años 1998-2010, encuentran que la cooperación municipal es más eficiente en términos de coste que la producción privada.

No obstante, como se desprende de la revisión teórica realizada, la cooperación intermunicipal o gestión conjunta es utilizada en mayor medida por los ayuntamientos de menor tamaño (Bel y Fageda, 2006, 2008; Bel et al., 2014), por lo que resulta necesario analizar además qué forma de gestión es más adecuada según el tamaño del municipio. Por ello presentamos la tabla 7 donde recogemos la eficiencia de cada forma de gestión para tres tramos poblacionales<sup>7</sup>: de 1.000 a 5.000, de 5.001 a 20.000 y de 20.001 a 50.000 habitantes. En el caso de los municipios pertenecientes a los dos primeros tramos de población, la menor distancia entre las fronteras locales y la metafrontera se corresponde con las fórmulas de cooperación intermunicipal (CI). No obstante, para los municipios de mayor tamaño la forma de gestión más cercana a la metafrontera es la gestión externalizada (EXT), consiguiendo el TGR el valor más elevado.

Así pues, los resultados indican que la eficiencia de las distintas formas de gestión del servicio de residuos depende del tamaño del municipio en el que se aplica. En este sentido, como sugieren Bel y Mur (2009), Zafra-Gómez et al. (2013) y Bel et al. (2014) los municipios de menor tamaño pueden obtener ahorro en costes, y por tanto mejorar la eficiencia de la gestión del servicio de recogida de residuos, cuando se presta a través de cooperación intermunicipal, aceptando la hipótesis  $H_{2a}$ . Por tanto, obtenemos que en los municipios de menor tamaño la cooperación intermunicipal es una alternativa más recomendable que la externalización del servicio, ya que obtiene mejores niveles de eficiencia. Sin embargo, no obtenemos evidencia de que en los municipios de menor tamaño resulte más conveniente aplicar la cooperación intermunicipal externalizada ( $H_{2b}$ ).

Por último, obtenemos que para los municipios pertenecientes al estrato de población mayor (entre 20.000 y 50.000 habitantes) la externalización del servicio de recogida de residuos proporciona mejores niveles de eficiencia, lo que nos lleva a aceptar la última de nuestras hipótesis ( $H_{2c}$ ), lo que sugiere que existe un nivel óptimo a partir del cual el operador privado se ve favorecido por la presencia de economías de escala en línea con la literatura previa (Kodryzski, 1994; Warner y Hefetz, 2003; Warner, 2006). Por tanto, el tamaño municipal

---

<sup>7</sup> El estudio es aplicado a los municipios con una población entre 1.000 y 5.000 habitantes. La clasificación por tramos poblacionales se realiza en base al Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales.

determina qué forma de gestión es la más adecuada, de manera que los municipios podrán aprovecharse de las ventajas ofrecidas por la externalización del servicio de recogida de residuos a partir de un determinado tamaño municipal.



**Tabla 7. Eficiencia en costes de las diferentes formas de gestión del servicio de residuos por tamaño poblacional y año**

Tamaño	Formas de gestión	1.000 ≤ Población ≤ 5.000				5.001 ≤ Población ≤ 20.000				20.001 ≤ Población ≤ 50.000			
		Media	Mediana	Mín.	Máx.	Media	Mediana	Mín.	Máx.	Media	Mediana	Mín.	Máx.
DIR	CE	0,016	0,002	0,001	0,153	0,029	0,002	0,000	0,556	0,144	0,011	0,000	1,000
	CE <sup>k</sup>	0,054	0,046	0,011	0,117	0,127	0,057	0,003	1,000	0,293	0,074	0,002	1,000
	TGR	0,191	0,068	0,043	1,663	0,240	0,054	0,002	1,698	0,256	0,174	0,002	1,000
EXT	CE	0,004	0,002	0,000	0,068	0,026	0,001	0,000	1,000	0,097	0,012	0,000	1,000
	CE <sup>k</sup>	0,085	0,034	0,006	0,374	0,059	0,034	0,002	1,000	0,131	0,014	0,004	1,000
	TGR	0,098	0,014	0,005	1,009	0,301	0,011	0,005	1,038	0,832	1,002	0,006	1,049
CI	CE	0,004	0,003	0,000	0,019	0,029	0,001	0,000	0,862	0,119	0,024	0,000	1,000
	CE <sup>k</sup>	0,002	0,001	0,000	0,009	0,072	0,001	0,000	0,862	0,270	0,114	0,000	1,000
	TGR	2,216	2,213	1,723	2,673	1,725	2,124	0,193	2,492	0,445	0,239	0,014	2,123
CIext	CE	0,006	0,004	0,000	0,030	0,045	0,002	0,000	1,000	0,019	0,018	0,011	0,036
	CE <sup>k</sup>	0,046	0,034	0,013	0,218	0,340	0,234	0,014	1,003	0,594	0,472	0,294	1,000
	TGR	0,149	0,109	0,005	0,835	0,088	0,014	0,001	1,000	0,038	0,037	0,017	0,077

\*\*\*Independencia de las formas de gestión al 99% de significatividad según la prueba de Kruskal Wallis

CE: Metafrontera      CE<sup>k</sup>: Frontera local      TGR: Technology gap ratio

DIR: Gestión pública directa      EXT: Gestión externalizada      CI: Cooperación intermunicipal

CIEXT: Cooperación intermunicipal externalizada

## Resumen y conclusiones

En el presente trabajo se lleva a cabo un análisis de la eficiencia en costes que las diferentes formas de provisión del servicio de gestión de residuos presentan. En concreto, el estudio de la eficiencia de dicho servicio ha sido tradicionalmente enfocado hacia el debate entre provisión pública o privada. Sin embargo, los últimos estudios realizados sugieren que la cooperación entre municipios en la prestación del servicio de recogida de basura conlleva menores costes. Así, las principales formas de gestión del servicio analizadas son la gestión pública directa, gestión externalizada, cooperación intermunicipal y cooperación intermunicipal externalizada.

Para ello, aplicamos conjuntamente las estimaciones en orden-*m* con datos de panel (Surroca et al., 2015) y el concepto de metafrontera (Battese y Rao, 2001; Battese et al., 2004) a una muestra de 621 municipios españoles con una población entre 1.000 y 50.000 habitantes para el período 2002-2010. Con ello obtenemos la eficiencia de cada municipio según la forma de gestión del servicio de residuos, así como el valor de la eficiencia en costes que le correspondería si no existieran diferencias en las formas de gestión. Asimismo la aplicación de las fronteras en orden-*m* permite obtener resultados más robustos que por aplicación de otras técnicas no paramétricas. Por último, obtenemos una única medida de eficiencia que es capaz de captar la evolución a lo largo del período de estudio.

Los resultados sugieren que la eficiencia en costes del servicio de residuos depende de la forma de gestión aplicada. Así, al igual que estudios previos (Bel y Mur, 2009; Zafra-

Gómez et al., 2013; Bel et al., 2014), obtenemos que la cooperación intermunicipal o gestión conjunta es la alternativa más eficiente en la gestión del servicio de recogida y tratamiento de residuos.

No obstante, a diferencia de dichos estudios, encontramos que, de acuerdo al tamaño poblacional, la forma de gestión del servicio de residuos más adecuada es diferente. En este sentido los resultados sugieren que las fórmulas de cooperación intermunicipal o gestión conjunta son más adecuadas en los municipios con una población hasta 20.000 habitantes, mientras que para los de mayor tamaño (a partir de 20.000 habitantes) resulta más adecuada la externalización del servicio.

Con todo ello, con el presente trabajo se ponen de manifiesto las diferencias en términos de coste que existen entre las distintas formas de gestión del servicio de residuos. Además en este estudio se destaca la importancia que tiene el tamaño poblacional en el análisis de la eficiencia en costes de las diferentes formas de gestión del servicio de recogida y tratamiento de residuos. En este sentido, contamos con una muestra limitada a los municipios de hasta 50.000 habitantes y sin embargo, se evidencian diferencias entre los diferentes estratos de población. No obstante, y a modo de limitación, dada la falta de disponibilidad de datos para los municipios de mayor tamaño (a partir de 50.000 habitantes) se desconoce qué fórmula de gestión del servicio resulta más conveniente para dichos municipios.

## Referencias bibliográficas

- Abrate, G., Erbetta, F., Fraquelli, G., Vannoni, D. 2012. "The costs of disposal and recycling: an application to Italian municipal solid waste services". *Regional Studies*. DOI: 10.1080/00343404.2012.689425
- Balaguer-Coll, M.T., Prior, D. y Tortosa-Ausina, E. 2010. "Decentralization and efficiency of local government". *The annals of regional studies*, 45, pp.571–601.
- Balaguer-Coll, M.T., Prior, D. y Tortosa-Ausina, E. 2012. "Output complexity, environmental conditions, and the efficiency of municipalities". *Journal of Productivity Analysis*, 39(3), pp.303–324.
- Battese, G.E. y Rao, D. 2002. "Technology gap, efficiency, and a stochastic metafrontier function". *International Journal of Business and Economics*, 1(2), pp. 87–93
- Battese, G.E., Rao, D. y O'Donnell, C.J. 2004. "A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies". *Journal of Productivity Analysis*, 21(1). pp. 91–103
- Bel, G. y Costas, A. 2006. "Do public sector reforms get rusty? Local privatization in Spain", *Journal of Policy Reform* 9, 1–24.
- Bel, G. y Fageda, X., 2006. "Between privatization and intermunicipal cooperation: Small municipalities, scale economies and transaction costs". *Urban Public Economics Review*, 006, pp.13–31.
- Bel, G. y Fageda, X., 2007. "Why do local governments privatise public services? A survey of empirical studies". *Local Government Studies*, 33(4), pp.517–534.
- Bel, G. y Fageda, X., 2008. "Reforming the local public sector: economics and politics in privatization of water and solid waste". *Journal of Economic Policy Reform*, 11(1), pp.45–65.
- Bel, G. y Fageda, X., 2010. "Empirical analysis of solid management waste costs: Some evidence from Galicia, Spain". *Resources, Conservation and Recycling*, 54(3), pp.187–193.
- Bel, G.; Fageda, X., Dijkgraaf, E. y Gradus, R., 2010. "Similar problems, different solutions: comparing refuse collection in the Netherlands and Spain". *Public administration*, 88(2), pp. 479-495.
- Bel, G., Fageda, X. y Mur, M., 2014. "Does Cooperation Reduce Service Delivery Costs? Evidence from Residential Solid Waste Services". *Journal of Public Administration Research and Theory*, 24(1), pp.85–107.
- Bel, G. y Mur, M., 2009. "Intermunicipal cooperation, privatization and waste management costs: evidence from rural municipalities". *Waste management (New York, N.Y.)*, 29(10), pp.2772–8.
- Bel, G. y Warner, M., 2008 a. "Does privatization of solid waste and water services reduce costs? A review of empirical studies". *Resources, Conservation and Recycling*, 52(12), pp.1337–1348.
- Bel, G. y Warner, M.E. 2008 b. "Challenging issues in local privatisation." *Environment and Planning C: Government and Policy* 26(1), pp. 104–109.
- Benito-López, B., Moreno-Enguix, M. del R. y Solana-Ibañez, J., 2011. "Determinants of efficiency in the provision of municipal street-cleaning and refuse collection services". *Waste management (New York, N.Y.)*, 31(6), pp.1099–108.
- Brown, T.L.; Potoski, M. y Van Slyke, D.M. 2007. "Trust and contract completeness in the public sector", *Local Government Studies*, 33(4), 607-623.

- Brown, T.L.; Potoski, M. y Van Slyke, D.M. 2010. "Contracting for complex products", *Journal of Public Administration Research and Theory*, 20(1): 41–58.
- Carr, J.B., LeRoux, K. y Shrestha, M., 2008. "Institutional Ties, Transaction Costs, and External Service Production". *Urban Affairs Review*, 44(3), pp.403–427.
- Cazals C., Florens J.P., Simar L. 2002. "Nonparametric frontier estimation: a robust approach". *Journal of Econometrics*, 106, pp.1–25.
- Cullinane, K. y Wang, T. 2010. "The efficiency analysis of container port production using DEA panel data approaches". *OR Spectrum*, 32, pp. 717–738.
- Charnes, A., Clark, C.T., Cooper, W.W. y Golany, B. 1984. "A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces". *Annals of Operations Research*, 2(1), pp. 95–112.
- Cherchye, L., Demuynck, T., De Rock, B. y De Witte, K. 2014. "Nonparametric analysis of multi-output production with joint inputs." *The Economic Journal*, 124(577), pp. 735–775.
- Daouia, A. y Simar, L. 2007. "Nonparametric efficiency analysis: a multivariate conditional quantile approach." *Journal of Econometrics* 140(2):375–400.
- Daraio, C. y Simar, L. 2005. "Introducing environmental variables in nonparametric frontier models: a probabilistic approach." *Journal of Productivity Analysis* 24(1):93–121.
- Daraio, C. y Simar, L. 2007. *Advanced Robust and Nonparametric Methods in Efficiency Analysis: Methodology and Applications*. New York: Springer. Deprins.
- De Borger, B. y Kerstens, K., 2000. "What is known about municipal efficiency?" En: Blank, J., Lovell, C., Grosskopf, S. (Eds.), *Public Provision and Performance—Contributions From Efficiency and Productivity Measurement*. North-Holland, Amsterdam, pp. 299–330.
- De Jaeger, S. y Rogge, N., 2013. "Waste pricing policies and cost-efficiency in municipal waste services: the case of Flanders". *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 31(7), pp.751–8.
- De Witte, K. y Geys, B., 2011. "Evaluating efficient public good provision: Theory and evidence from a generalised conditional efficiency model for public libraries". *Journal of Urban Economics*, 69(3), pp.319–327.
- De Witte, K. y Marques, R.C. 2010. "Influential observations in frontier models, a robust non-oriented approach to the water sector." *Annals of Operations Research* 181(1). pp. 377-392.
- Dijkgraaf, E. y Gradus, R.H.J.M., 2003. Cost Savings of Contracting Out Refuse Collection. *Empirica*, 30, pp.149–161.
- Dijkgraaf, E. y Gradus, R.H.J.M., 2013. " Cost advantage cooperations larger than private waste collectors". *Applied Economics Letters*, 20(7), pp.702–705.
- Donahue, John D. 1989. *The Privatization Decision: Public Ends, Private Means*. New York: Basic Books.
- Dubin, J.A. y Navarro, P. 1988. "How markets for impure public goods organize the case of household refuse collection". *Journal of Law Economics & Organization* 1988; 4(2):217–41.
- Geys, B. y Moesen, W., 2009. "Exploring Sources of Local Government Technical Inefficiency: Evidence from Flemish Municipalities". *Public Finance & Management*, 9(1), pp.1–29.

- Girth, A.M. Hefetz, A., Johnston, J. M., and Warner, M. E., 2012. "Outsourcing Public Service Delivery: Management Responses in Noncompetitive Markets". *Public Administration Review*, 72(6), pp.887–900.
- Hefetz, A. y Warner, M.E., 2012. "Contracting or Public Delivery? The Importance of Service, Market, and Management Characteristics". *Journal of Public Administration Research and Theory*, 22(2), pp.289–317.
- Hirsch, W., 1965. "Cost functions of an urban government service: refuse collection". *Review of Economics and Statistics*, 47, pp. 87-92
- Huang, Y.-T., Pan, T.-C. y Kao, J.J., 2011."Performance assessment for municipal solid waste collection in Taiwan". *Journal of environmental management*, 92(4), pp.1277–83.
- Jacobsen, R., Buysse, J. y Gellynck, X., 2013. "Cost comparison between private and public collection of residual household waste: multiple case studies in the Flemish region of Belgium". *Waste management (New York, N.Y.)*, 33(1), pp.3–11.
- Li, Q. 1996. "Nonparametric Testing of Closeness between Two Unknown Distribution Functions" *Econometric Reviews*, 15(3), pp. 261–74.
- Littlechild, S. 1988. "Economic regulation of privatised water authorities and some further reflections. *Oxford Review of Economics and Policy*, 4, pp.40–68
- Mohr, R., Deller, S.C. y Halstead, J.M., 2010. "Alternative Methods of Service Delivery in Small and Rural Municipalities". *Public Administration Review*, 70(6), pp.894–905.
- Niskanen, W.A. 1997. *Bureaucracy and Representative Government*, Chicago, IL. Aldine.
- O'Donnell, C.J., Rao D.S., Battese, G.E. 2008. "Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios". *Empirical Economics*, 34. pp.231–255
- Ohlsson H. 2003. "Ownership and production costs. Choosing between public production and contracting-out in the case of Swedish refuse collection". *Fiscal Studies*, 24(4), pp.451–76.
- Plata-Díaz, A.M., Zafra-Gómez, J.L., Pérez-López, G. y López-Hernández, A.M. (2014). "Alternative management structures for municipal waste collection services: the influence of economic and political factors". *Waste Management*, 34(11), pp. 1967-1976.
- R Development Core Team. 2011. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>.
- Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J., y Battese, G.E. 2003. "Metafrontier functions for the study of inter-regional productivity differences", CEPA Working Paper No. 01/2003. Australia: School of Economics, University of Queensland.
- Rees, J.A. 1998. "Regulation and private participation in the water and sanitation sector". *Natural Resource Forum*, 22, pp.95–105.
- Rodrigues, M. Tavares, A. F. y Araújo, J. F., 2012. "Municipal Service Delivery: The Role of Transaction Costs in the Choice between Alternative Governance Mechanisms". *Local Government Studies*, 38(5), pp.615–638.
- Rogge, N. y De Jaeger, S., 2013. "Measuring and explaining the cost efficiency of municipal solid waste collection and processing services". *Omega*, 41(4), pp.653–664.
- Savas, E.S. 1987. *Privatization: The key to better government*, Chatham, NJ: Chatham House.

- Simar, L., and Wilson, P. W. 2008. "Statistical inference in nonparametric frontier models: recent developments and perspectives." En *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth* editado por H.O. Fried, C.A.K. Lovell, S.S. Schmidt, 421–521. Oxford: Oxford University Press.
- Simões, P., Cruz, N.F. y Marques, R.C., 2012. "The performance of private partners in the waste sector". *Journal of Cleaner Production*, 29-30(null), pp.214–221.
- Simões, P. y Marques, R.C., 2012. "On the economic performance of the waste sector. A literature review". *Journal of environmental management*, 106, pp.40–7.
- Stevens BJ. 1978. Scale, market structure, and the cost of refuse collection. *Review of Economics and Statistics*, 60(3), pp.438–48.
- Surroca, J., Prior, D. y Tribó Giné, J. A. 2015. "Using panel data dea to measure CEOs' focus of attention: an application to the study of cognitive group membership and performance". *Strategic Management Journal*, forthcoming. DOI: 10.1002/smj.2350
- Tulkens, H. y Vanden Eeckaut, P. 1995. "Non-parametric efficiency, progress and regress measures for panel data: methodological aspects". *European Journal of Operational Research*, 80(3), pp. 474–499.
- Warner, M.E. 2006. "Market-based governance and the challenge for rural governments: US trends", *Social Policy and Administration: An International Journal of Policy Research*, 40 (6), pp. 612–631.
- Warner, M.E. 2012. "Privatization and urban governance: The continuing challenges of efficiency, voice and integration". *Cities*, 29, Supple, pp.S38–S43.
- Warner, M.E. y Bel, G. 2008. Competition or Monopoly? Comparing Privatization of Local Public Services in the U.S. and Spain. *Public Administration*, 86(3): pp.723–35.
- Warner M. y Hebdon R., 2001. "Local government restructuring: privatization and its alternatives", *Journal of Policy Analysis and Management*, 20, 315-336.
- Warner, M., y Hefetz, A. 2002. "The uneven distribution of market solutions for public goods." *Journal of Urban Affairs* 24(4):445-459.
- Warner, M. y Hefetz, A. 2003. "Rural-urban differences in privatization: limits to the competitive state", *Environment and planning C: Government and Policy*, 21, pp. 703-718.
- Wassenaar, M.C. Dijkgraaf, E. y Gradus, R.H.J.M., 2010. "Contracting Out : Dutch Municipalities Reject the Solution for the VAT Distortion". *Local Government Studies*, 36(5), pp.617–636.
- Zafra-Gómez, J.L. y Muñiz, M.A. 2010. "Overcoming cost-inefficiencies within small municipalities: improve financial condition or reduce the quality of public services?" *Environment and Planning C: Government and Policy*, 28(4), pp. 609-629.
- Zafra-Gómez, J.L., Prior, D., Plata-Díaz, A.M. y López-Hernández, A.M., 2013. "Reducing Costs in Times of Crisis: Delivery Forms in Small and Medium Sized Local Governments' Waste Management Services". *Public Administration*, 91(1), pp.51–68.
- Zullo, R. 2009. Does Fiscal Stress Induce Privatization? Correlates of Private and Intermunicipal Contracting, 1992–2002. *Governance*, 22(3), pp. 459–481.

## Anexo 1. Fronteras en orden- $m$ : algoritmo

El algoritmo utilizado para estimar los coeficientes de eficiencia para la frontera en orden- $m$ , considera un número positivo entero fijo  $m$ ; de manera que para un determinado nivel de input ( $x_0$ ) y output ( $y_0$ ), la estimación considera  $m$  unidades de producción aleatorias con variables output ( $Y_1, \dots, Y_s, \dots, Y_m$ ), derivados de la distribución de la matriz de outputs  $Y$  que cumplen la condición  $Y_s \geq y_0$ . Siguiendo a Daraio y Simar (2007), aplicamos los siguientes pasos:

1. Para un determinado nivel de  $y_0$ , se crea una sub-muestra de tamaño  $m^8$  con reemplazo entre las  $y_{sm}$  que cumplen la siguiente condición  $y_{sm} \geq y_0$ .
2. El coeficiente de eficiencia  $\tilde{\alpha}_s$  es estimado a partir de esta sub-muestra aleatoria y la resolución de problemas no convexos de programación FDH (*Free Disposal Hull*).
3. Los dos primeros pasos se repiten  $B$  veces, siendo estimado un coeficiente de eficiencia FDH en cada ronda, de manera que al final del proceso se obtienen  $B$  coeficientes de eficiencia  $\tilde{\alpha}_s^b$  ( $b = 1; 2; \dots; B$ ).
4. Finalmente, se calcula un valor central<sup>9</sup> (la media aritmética) de los  $B$  coeficientes de eficiencia estimados como<sup>10</sup>:

<sup>8</sup> Además, con la finalidad de facilitar la comparación de los resultados, evitar problemas de dimensionalidad y neutralizar la influencia de los *outliers*, asignamos el mismo valor de  $m$  para todas las estimaciones, independientemente del número de unidades incluidas en cada uno de los grupos considerados. Según Daraio y Simar (2005) el valor de  $m$  es el valor por el que el porcentaje de DMUs supereficientes decrece marginalmente con un incremento de  $m$ ; no obstante, utilizar el mismo valor de  $m$  cuando el tamaño de los grupos es diferente presenta el inconveniente de que en aquellos grupos con mayor número de unidades se obtendrán más unidades supereficientes. Utilizar un valor de  $m$  variable representaría la solución a dicha limitación, sin embargo, no podrían compararse las estimaciones realizadas al no fijar la misma base de comparación de los diferentes grupos. Por este motivo, tras un análisis de sensibilidad con distintos valores de  $m$  (550...650) observamos cierta convergencia en los resultados para  $m=639$  y decidimos realizar todas las estimaciones fijando dicho parámetro.

<sup>9</sup> Debido al reemplazo aleatorio, las fronteras en orden- $m$  pueden obtener coeficientes de eficiencia más allá de la frontera estimada, por lo que junto al hecho de aplicar una orientación al coste, una observación será súper-eficiente cuando alcance  $\alpha_s^m > 1$ . Además,  $\tilde{\alpha}_s^b$  depende del valor de  $m$ , por lo que cuanto mayor sea  $m$ , más observaciones son consideradas en la estimación y por tanto más DMUs lograrán cumplir la condición  $y_{sm} \geq y_0$ . Por lo que cuando  $m \rightarrow \infty$  los coeficientes de eficiencia obtenidos por aplicación de la metodología de orden- $m$  convergerá con los coeficientes FDH. Además, la calidad de la aproximación puede ser ajustada incrementando  $B$ . Aunque en la mayoría de las aplicaciones es razonable usar  $B = 200$  (Balaguer-Coll et al., 2012) en el presente trabajo, consideramos  $B = 2,000$  como sugieren De Witte y Geys (2013).

<sup>10</sup> Así, por aplicación de las fronteras en orden- $m$  y la consideración de los datos de panel en las fronteras en orden- $m$ , estimamos tanto la metafrontera como una frontera robusta por cada tecnología considerada, calculando un único coeficiente de eficiencia que captura la evolución de cada municipio ( $\alpha_s^{m,S_1}, \alpha_s^{m,S_2}, \alpha_s^{m,S_3}, \alpha_s^{m,S_4}$ ), incluido en cada uno de los grupos considerados ( $S_1, S_2, S_3, S_4$ ), obteniendo cuatro fronteras locales, una por cada una de las formas de gestión consideradas en el estudio: la gestión pública directa, la gestión externalizada, la cooperación municipal pública o gestión conjunta y la cooperación intermunicipal externalizada.

A continuación, procedemos a estimar los coeficientes de eficiencia de la metafrontera ( $\alpha_s^m$ ) y los *technology gap ratios* (TGR<sup>k</sup>) como los cocientes:  $\frac{\alpha_s^m}{\alpha_s^{m,S_1}}, \frac{\alpha_s^m}{\alpha_s^{m,S_2}}, \frac{\alpha_s^m}{\alpha_s^{m,S_3}}, \frac{\alpha_s^m}{\alpha_s^{m,S_4}}$ .

$$a_s^m = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \tilde{\alpha}_s^b$$